

ろうそくの燃焼による酸素の消費について

桐 山 元

この研究は、小学校第5学年「火と空気」の単元における、物が燃えるときの空気のはたらきや変化について検討したものである。簡単な実験でろうそくの火が消えるのは酸素が少なくなるためであり、二酸化炭素ができるためではないことを示すことができた。火が消えるときの酸素の比率は10～15%であり、酸素が多く残っていることを明らかにした。また、若干の教材化についても言及した。

1. はじめに

小学校の学習指導要領は第5学年のB区分に、物が燃えるときの空気のはたらきや変化及び酸素・二酸化炭素の性質・製法について取り扱うことを示している。

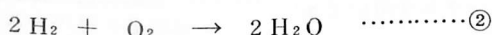
この単元のねらいの一つとして、従来と同様に「ろうや木片が燃えるときには酸素が使われ、二酸化炭素ができること」がある。多くの児童はこの学習で、火が消えるのは二酸化炭素ができるためと考え、酸素が少なくなったためと考えてくれない。この原因として、燃焼後の空気の中に二酸化炭素ができたことを石灰水の白濁やBTB溶液の変色などの実験で確認するが、この印象が児童に強く作用しているためと考えられる。

一方、酸素が少なくなることを理解させるための指導では、初歩的であったとしても定量的な取り扱いが必要となる。しかし、第5学年の児童には定量的な取り扱いは無理な面もあり、指導を徹底できないことが多い。このため、児童が空気のはたらきや性質を正しく理解しない状態で、次の学習へ進んでいるのが現状である。

本研究では、以上のことから物が燃えるときの空気の変化を調べると同時に、教材についても若干の検討を加えた。以下研究の概要を報告する。

2. 燃焼についての実験の考え方

学習指導要領で植物体と記述されている、ろう、木片、アルコール、天然ガスなどの物質には、燃焼成分として炭素原子と水素原子が含まれている。ろうをはじめこれらの物質の燃焼は数段階で進む複雑な反応である。しかし、最終的には二酸化炭素と水が生成する反応であることから、次のような簡単な反応式であらわすのが普通である。



②式で示した水については新指導要領の内容から削除された。水は室温では液体であるため、燃焼前

後の気体の体積変化には関係しないと考えることが可能である。

②式から、反応で使われる酸素は生成する二酸化炭素と等しい量関係にあり、二酸化炭素量から燃焼に使われる酸素量を知ることができる。二酸化炭素量はアルカリ性水溶液によく溶けるので、燃焼後の空気をアルカリ性水溶液と振りまぜ、気体減少量から求めることができる。

3. 実 験

(1) 空気中の酸素の定量

注射器に5cm³のアルカリ性ピロガロール水溶液(ピロガロール20g、水酸化カリウム20gを水60gにとかした溶液)をとり、さらに20~40cm³の空気を入れた後、ゴムキャップをして密栓する(図1参照)。

この注射器を1~2分振り、注射器が熱くないこと及びピストンが移動しなくなったことを確め、減少した気体量を測る。この減少量を空気中の酸素量として、百分率を求める。

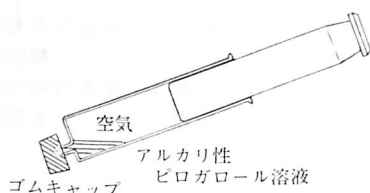


図1 酸素測定装置

(2) 燃焼後の空気中の二酸化炭素

図2に装置を示した。あらかじめ容積を調べたガラスびんに200cm³の20%水酸化カリウム水溶液を入れ、ゴム栓皮及びコックを閉してびんを気密にする。

ニクロム線に約10Vの電圧を加えて赤熱させ、ろうそくを点火する。火が消えた後、びんをよく振り発生した二酸化炭素を吸収させる。最後にコックを開き、メスシリンダーより水を入れる。このとき入った水量を発生した二酸化炭素量とする。

また、このびん中の空気について(1)の方法を適用し、ゴム栓に注射針をさして空気を取り、残存酸素量を求める。このとき、新しい空気が入らないように、ガラス管をメスシリンダーの底まで入れる必要がある。

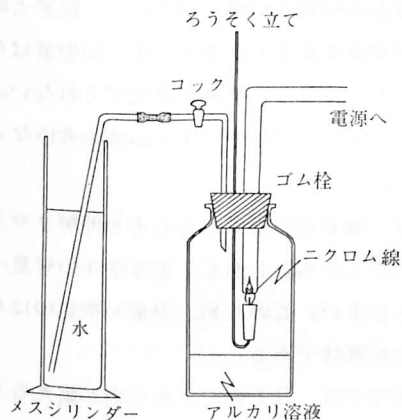


図2 二酸化炭素定量装置

4. 結果と考察

(1) 空気中の水蒸気と酸素の比率

空気中の水蒸気は表1に示したように、気温や湿度の変化によって存在する比率が違ってくる。従って、多くの場合、空気の組成を求めるのに、塩化カルシウムを用いて水蒸気を除いた乾燥空気を使用する。

表1 空気中の水蒸気百分率(%)

	10℃	25℃	35℃
30%	0.4	0.9	1.7
60%	0.7	1.9	3.3
90%	1.1	2.8	5.0

しかし、本研究で用いる装置は後述するように、数パーセントの誤差を伴うことから、水蒸気を含んだままの空気について調べることにした。

図3は空気中の酸素の比率を示したものである。注射器に空気を20～30 cm^3 取った場合には、約19%で一定した値となるが、30 cm^3 以上の場合には酸素の比率が少しずつ低い値へと変化する。これはピロガロール溶液の酸素吸収能力のためと思われる。20%ピロガロール溶液は5 cm^3 で40 cm^3 の酸素を吸収するとの報告もみられるが、このピロガロール溶液は5 cm^3 で25 cm^3 程度の空気について調べるのが親切であろう。

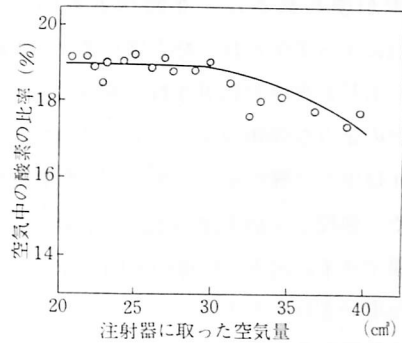


図3 空気中の酸素の比率

測定結果は一般的な空気中の酸素の比率と約2%の差がみられるが、湿った空気を使用したこと及び注射器の精度などが関係するものと考える。

(2) 燃焼によって発生する二酸化炭素

ろうそくの燃焼によって発生した二酸化炭素及び残存酸素の比率を表2に示した。それぞれの値は5回の測定の平均であるが、比率は一定せずかなりのバラツキがみられる。

このバラツキは燃焼中の空気の混ざり具合、炎の大きさ、水蒸気量の違いなど様々の原因が考えられる。しかし、生成した二酸化炭素と残存酸素の比率の和が20%になることから、燃焼によって酸素が使われた量だけ二酸化炭素が発生するといえる。また、ろうそくの火は空気中の酸素が10%以上残っていても消えることがわかった。

図2のガラスびん中に入れる溶液を飽和石灰水にした場合には、石灰水の白濁がみられると同時に表2に示したと同様の比率を示した。また、図2のびん中で赤リンを燃した場合には17～18%の気体の減少がみられ、残った空気中にはほとんど酸素が含まれていないことが確かめられた。

表2 燃焼による空気の変化

燃焼前の空気量(cm^3)	4 0 0	5 0 0	5 9 0
減少した空気量 (cm^3)	2 3.0	4 5.0	3 7.6
生成した二酸化炭素の比率 (%)	5.8	9.0	6.3
残存酸素の比率 (%)	1 3.3	1 0.5	1 3.2

5. 教材について

ろうそくの火は酸素が10%～15%残っていても消える。純粋の酸素と二酸化炭素を混合した気体中でも混合比によって、ろうそくは燃える。この二つの理由から、火が消えるの二酸化炭素ができるためという多くの児童の考えの誤りを指摘できる。

燃焼に関係する空気のはたらきや性質の変化を正しく理解させるには、前述のピロガロールを使った

一連の実験を導入することにより可能となるだろう。

酸素が使われることを調べるその他の実験

燃焼によって使われる酸素量を調べる実験として、図4、図5、図6に示した方法が利用される場合がある。しかし、いずれの場合にも次のような問題点を含んでいるので注意が必要である。

図4はガラス鐘の中で赤リンを赤熱したガラス棒や銅線で点火し、すばやく密栓して消火後の水面の上昇から、空気中の酸素量を求める実験である。図5も同様の実験で赤リンの代りに燃えているろうそくを用いる方法である。

図4及び図5の方法では、いずれもガラス棒やろうそくのまわりの空気は熱膨張しているためにガラス鐘から、密栓する前に空気が逃げざる。このため消火後の水位の上昇は酸素の消費と熱収縮による体積との和になる。特に図5のろうそくを用いる場合には熱膨張による効果が大きく、20%近くの水面上昇がみられることもある。二つの方法とも大きなガラス鐘を使い、熱膨張の影響を少なくする必要がある。

また、図6に示したような燃えているろうそくにピーカをかぶせる方法は、酸素の消費を調べるというより、熱膨張を調べる実験として位置づけることが適切であろう。

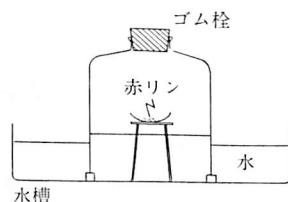


図4 赤リンを燃す方法

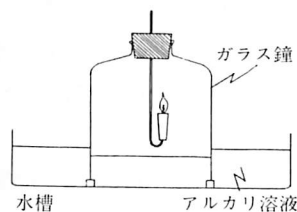


図5 ろうそくによる方法

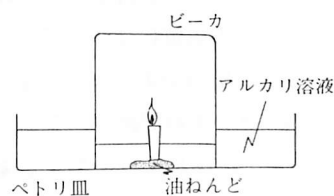


図6 ピーカを用いる方法

6. お わ り に

ろうそくの燃焼では、酸素が半分も使われないで火は消えること、また、火が消えるのは二酸化炭素ができるからではなく、酸素の比率の問題であることを示すことができた。

児童の燃焼に対する誤った考え方を指摘することは容易であり、ピロガロール溶液を使った一連の実験は児童を正しい考え方に導くことを可能にしてくれるであろう。しかし、まだ具体的な授業展開の中で、これらをどのように位置づけ、指導するかなどの点は未解決である。

児童が「わかった」「おもしろい」という学習展開がなされることを今後検討したい。

文 献

- (1) 斎藤玲司ほか：新潟県立教育センター実践研究集録第13集（小学校編）（1976）1
- (2) 全国理科センター研究協議会：理科実験の安全な指導 東洋館出版（1977）66～67